

**ANALISA RELAY DIFFERENSIAL PADA GENERATOR
DI GAS TURBIN GENERATOR 1.2 PLTGU SEMARANG**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

WAHYU ARDIYANTO

D400160156

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA RELAY DIFFERENSIAL PADA GENERATOR
DI GAS TURBIN GENERATOR 1.2 PLTGU SEMARANG**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

WAHYU ARDIYANTO

D400160156

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing,



Umar S.T., M.T.

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA RELAY DIFFERENSIAL PADA GENERATOR
DI GAS TURBIN GENERATOR 1.2 PLTGU SEMARANG**

OLEH




WAHYU ARDIYANTO

D400160156

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 1 Juli 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Umar S.T , M.T
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Ir. Jatmiko, MT
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Hasyim Asy'ari, ST.MT
(Anggota II Dewan Penguji)**

()
()
()



Dekan,

Sti Sunariono, M.T , Ph.D

NIK. 682

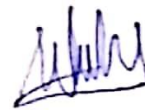
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 19 Juni 2020

Penulis



WAHYU ARDIYANTO

D400160156

ANALISA RELAY DIFFERENSIAL PADA GENERATOR DI GAS TURBIN GENERATOR 1.2 PLTGU SEMARANG

Abstrak

Salah satu pembangkit listrik yang ada di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU). Pembangkit sangat berperan penting dalam penyaluran listrik kepada konsumen, sehingga dalam penyaluran listrik diharapkan pembangkit dapat menyediakan listrik secara kontinyu serta dalam keadaan handal. Kegiatan menghasilkan listrik secara kontinyu dan handal dibutuhkan sistem proteksi dalam mencegah terjadinya gangguan-gangguan pada pembangkit. Sistem proteksi yang baik akan mencegah kerugian yang tidak diinginkan, salah satu peralatan utama pembangkit listrik yaitu generator. Generator adalah alat yang dapat menghasilkan listrik dari perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Ada salah satu bagian generator yaitu belitan. Bagian belitan juga salah satu penyebab kerusakan generator, sehingga untuk mengamankan kerusakan tersebut dipasang sistem proteksi generator yaitu relay differensial. Relay ini berfungsi untuk melindungi generator akibat dari kerusakan yang ditimbulkan oleh belitan seperti gangguan hubung singkat antar fasa atau hubung singkat antar fasa dengan tanah. Kegiatan penelitian kali ini bertujuan untuk menghitung arus hubung singkat tiga fasa, arus hubung singkat satu fasa ke tanah serta menghitung penyetelan relay differensial pada generator. Hasil perhitungan matematis didapat arus hubung singkat satu fasa ke tanah sebesar 20679,295152 A dan arus hubung singkat tiga fasa sebesar 48316,3365 A. Hasil perhitungan penyetelan relay differensial didapat nilai sebesar 0,37 A. Ketika relay mendeteksi arus melebihi nilai penyetelan, maka relay akan bekerja dan memerintahkan *breaker* untuk memutuskan tenaga.

Kata Kunci : generator, proteksi, relay differensial.

Abstract

One of the power plants in Indonesia is the Steam Gas Power Plant (PLTGU). The power plant plays an important role in the distribution of electricity to consumers, so that in the distribution of electricity it is expected that the power plant can provide electricity continuously and in a reliable condition. The activity of generating electricity continuously and reliably requires a protection system in preventing the occurrence of disturbances at the plant. A good protection system will prevent unwanted losses, one of the main equipment of the power plant is the generator. Generator is a device that can produce electricity from the conversion of mechanical energy into electrical energy. There is one part of the generator, the winding. The winding section is also one of the causes of generator damage, so to protect the damage a generator protection system is installed, namely a differential relay. This relay serves to protect the generator due to damage caused by windings such as inter-phase short circuit or short-circuit between phase and ground short circuit. This research activity aims to calculate three phase short circuit current, single phase short circuit current to the ground and calculate the differential relay settings on the generator. The mathematical calculation results obtained single-phase short circuit current to the ground of 20679.295152 A and three-phase short circuit current of 48316.3365 A. The calculation results of setting a differential relay obtained a value of 0.37 A. When the relay detects the current exceeds the adjustment value, then The relay will work and instruct the breaker to disconnect the power.

Keywords : generator, protection, differential relay.

gangguan keadaan normal atau gangguan di luar daerah pengamanan i_1 dan i_2 sama atau mempunyai rasio yang sama dalam hal ini rele tidak bekerja. Pada waktu terjadi gangguan di daerah pengamannya i_1 dan i_2 tidak sama atau perbandingannya secara sudut fasanya berubah dari keadaan normal, rele akan bekerja dan memberikan sinyal trip ke pengaman generator untuk segera trip (Rahmadhani, Yusniati, Nasution, & Armansyah, 2019).

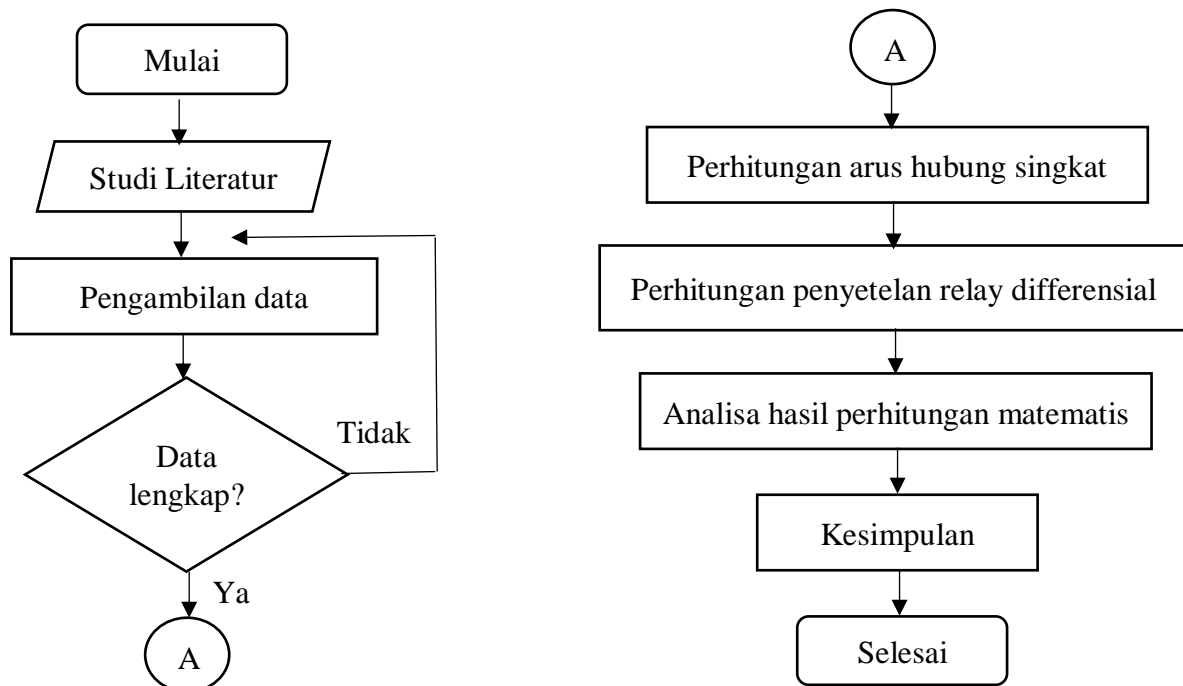
Penelitian bertujuan untuk menghitung arus hubung singkat tiga fasa, arus hubung singkat satu fasa ke tanah serta menghitung penyetelan relay differensial pada generator. Sehingga hasil dari penelitian akan dapat menentukan penyetelan arus pada relay differensial dengan benar.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Penyusunan tugas akhir berdasarkan beberapa metode dengan melakukan studi literatur yaitu mengumpulkan referensi buku, dari internet dan jurnal-jurnal yang sesuai dengan penelitian untuk mempermudah pembuatan tugas akhir. Pengambilan data seperti data generator, data rele differensial, data transformator tenaga sebagai bahan penelitian. Data yang didapat dari PT Indonesia Power Semarang PGU, kemudian dianalisa diubah ke bentuk perhitungan matematis.

Berikut merupakan diagram alir penelitian :



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Z_T = Impedansi urutan positif transformator (pu)

S_b = Daya basis (MVA)

S_g = Daya generator (MVA)

Mencari perhitungan impedansi urutan positif pada generator dan transformator berdasarkan basis 100 MVA yaitu

$$Z_g' = j0,183 \times \frac{100 \text{ MVA}}{143,3 \text{ MVA}} = j0,12 \text{ pu}$$

$$Z_T' = j0,1129 \times \frac{100 \text{ MVA}}{143,3 \text{ MVA}} = j0,07 \text{ pu}$$

Menghitung arus basis 100 MVA dengan rumus sebagai berikut :

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} \times V_g} \quad (3)$$

Keterangan :

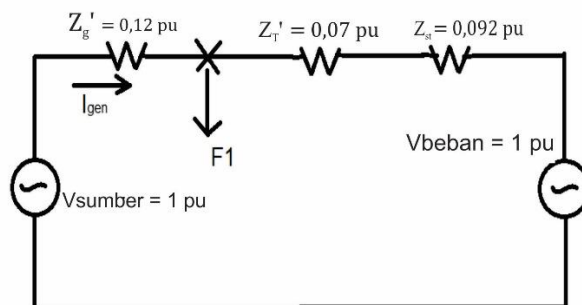
V_g = Tegangan generator (V)

S_b = Daya basis (MVA)

I_b = Arus basis (A)

Mencari perhitungan arus pada basis 100 MVA :

$$I_b = \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 11,5 \text{ kV}} = 5025,1 \text{ A}$$



Gambar 4. Komponen urutan positif

Menghitung impedansi pengganti komponen urutan positif (SN, Diantari, & Rahmatullah, 2017) yaitu

$$Z_1 = \frac{Z_g' \times (Z_T' + Z_{st})}{Z_g' + Z_T' + Z_{st}} \quad (4)$$

$$= \frac{j0,12 \times (j0,07 + j0,092)}{j0,12 + j0,07 + j0,092} = j0,104 \text{ pu}$$

Menghitung arus hubung singkat 3 fasa pada titik F1 dengan rumus sebagai berikut (Idris, 1993):

$$I_h = \frac{V_f}{Z_1} \quad (5)$$

Keterangan :

I_h = Arus hubung singkat (A)

V_f = Tegangan dititik gangguan = 1 pu

Z_1 = Impedansi pengganti komponen urutan positif (pu)

Mencari perhitungan arus hubung singkat 3 fasa pada titik F1 yaitu

$$I_h = \frac{1 \text{ pu}}{j0,104 \text{ pu}} = j9,615 \text{ pu}$$

Menghitung arus hubung singkat 3 fasa pada arus basis 100 MVA yaitu

$$I_{hs} = I_b \times I_h \quad (6)$$

$$I_{hs} = 5025,1 \times 9,615 = 48316,3365 \text{ A}$$

Menghitung arus yang masuk ke sisi sekunder CT yaitu

$$i_{CT} = I_{hs} \times \text{ratio CT} \quad (7)$$

$$= 48316,3365 \times \frac{5}{10000} = 24,1582 \text{ A}$$

Jadi nilai hasil perhitungan arus hubung singkat 3 fasa pada titik F1 adalah 48316,3365 A dan untuk arus hubung singkat 3 fasa pada titik F1 yang masuk ke sisi sekunder CT adalah 24,1582 A.

b. Perhitungan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah

Diketahui : $Z_1 = Z_2 = 0,104 \text{ pu}$

Menghitung impedansi urutan nol generator dan transformator berdasarkan basis 100 MVA (SN, Diantari, & Rahmatullah, 2017) yaitu

$$Z_{g0}' = Z_{g0} \times \frac{S_b}{S_g} \quad (8)$$

$$Z_{T0}' = Z_{T0} \times \frac{S_b}{S_g} \quad (9)$$

Keterangan :

Z_{g0}' = Impedansi urutan nol generator berdasarkan basis (pu)

Z_{g0} = Impedansi urutan nol generator (pu)

Z_{T0}' = Impedansi urutan nol transformator berdasarkan basis (pu)

Z_{T0} = Impedansi urutan nol transformator (pu)

S_b = Daya basis (MVA)

S_g = Daya generator (MVA)

Mencari perhitungan impedansi urutan nol pada generator dan transformator berdasarkan basis 100 MVA yaitu

$$Z_{g0}' = j0,082 \times \frac{100 \text{ MVA}}{143,3 \text{ MVA}} = j0,05 \text{ pu}$$

$$Z_{T0}' = j0,07 \times \frac{100 \text{ MVA}}{143,3 \text{ MVA}} = j0,04 \text{ pu}$$

Menghitung impedansi pengganti komponen urutan nol (SN, Diantari, & Rahmatullah, 2017) yaitu

$$Z_0 = \frac{Z_{g0}' \times (Z_{T0}' + Z_{S0})}{Z_{g0}' + Z_{T0}' + Z_{S0}} \quad (10)$$

$$= \frac{j0,05 \times (j0,04 + j0,08)}{j0,05 + j0,04 + j0,08} = j0,035 \text{ pu}$$

Menghitung arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik F1 dengan rumus sebagai berikut (Idris, 1993) :

$$I_h = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (11)$$

Keterangan :

I_h = Arus hubung singkat (A)

V_f = Tegangan dititik gangguan = 1 pu

Z_1 = Impedansi urutan positif (pu)

Z_2 = Impedansi urutan negatif (pu)

Z_0 = Impedansi urutan nol (pu)

Mencari perhitungan arus hubung 1 fasa ke tanah pada titik F1 yaitu

$$I_h = \frac{1 \text{ pu}}{j0,104 \text{ pu} + j0,104 \text{ pu} + j0,035 \text{ pu}} = j4,1152 \text{ pu}$$

Menghitung arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik F1 pada arus basis 100 MVA :

$$I_{hs} = 4,1152 \times 5025,1 = 20679,295152 \text{ A}$$

Menghitung arus yang masuk ke sisi sekunder CT yaitu

$$i_{CT} = 20679,295152 \times \frac{5}{10000} = 10,339648 \text{ A}$$

Jadi nilai hasil perhitungan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik F1 adalah

20679,295152 A dan untuk arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik F1 yang masuk ke sisi sekunder CT adalah 10,339648 A.

3.3 Perhitungan Penyetelan Relay Differensial

a. Perhitungan Arus Nominal Generator Dikedua Sisi CT

Perhitungan ini arus nominal merupakan arus yang dihasilkan oleh generator dan arus yang akan masuk ke sisi primer CT. Arus keluaran dari CT berbeda dari arus pengenl pada beban pengenl generator. Rasio transformasi CT dapat diperbaiki di kedua sisi

generator dengan pengaturan unit yang dilindungi. Pertama, arus utama generator harus dihitung (di kedua sisi) ketika daya nyata dan tegangan antar fasa diketahui. maka didapat rumus (LAE & KHAING, 2019) :

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad (12)$$

Keterangan : I_n : Arus nominal (A)

S : Daya generator (VA)

V : Tegangan generator (V)

Mencari perhitungan arus nominal pada generator :

$$I_n = \frac{143,4 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 11,5 \text{ kV}} = 7206,03 \text{ A}$$

Jadi nilai hasil perhitungan arus nominal generator di kedua sisi CT adalah 7206,03 A.

b. Perhitungan Arus Sekunder Kedua CT

Perhitungan ini akan mengetahui arus sisi sekunder kedua CT karena rasionya sama, untuk rumusnya yaitu

$$i_{SCT} = \frac{I_n}{\text{Ratio CT}} \quad (13)$$

Keterangan : i_{SCT} : Arus sisi sekunder CT (A)

I_n : Arus nominal (A)

Ratio CT : Ratio CT pada relay differensial (A)

Mencari perhitungan arus sekunder kedua CT

$$i_{SCT} = \frac{7206,03}{10000/5} = 3,603 \text{ A}$$

Jadi nilai hasil perhitungan arus sekunder kedua CT adalah 3,603 A.

c. Perhitungan Error Mismatch

Pengaturan pengambilan arus diferensial harus menghindari arus ketidakseimbangan maksimum dalam kondisi beban normal terutama disebabkan oleh kesalahan CT. Kesalahan CT harus kurang dari 5% (Le & Vu, 2019).

Perhitungan dengan pembagian CT ideal dengan CT terpasang, dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Error Mismatch} = \frac{\text{CT ideal}}{\text{CT terpasang}} \% \quad (14)$$

Perhitungan CT ideal sebagai berikut :

$$\frac{CT_1}{CT_2} = \frac{V_g}{V_g} \quad (15)$$

Keterangan : CT ideal : Trafo arus yang ideal (A)

CT terpasang : Arus sisi primer pada data CT (A)

V_g : Tegangan Generator (V)

Mencari perhitungan CT ideal :

$$CT_1 \text{ ideal} = CT_2 \times \frac{V_g}{V_g} = \frac{10000}{5} \times \frac{11,5 \text{ kV}}{11,5 \text{ kV}} = 2000 \text{ A}$$

$$\text{Error Mismatch} = \frac{2000}{10000} = 0,2 \%$$

Jadi nilai hasil perhitungan didapat CT_1 ideal sebesar 2000 A, kemudian untuk nilai eror mismatch CT_1 sebesar 0,2 %. Karena rasio kedua CT sama maka untuk nilai CT_2 ideal dan nilai eror mismatch CT_2 nilainya sama dengan CT_1 ideal dan eror mismatch CT_1 .

d. Perhitungan Arus Differensial

Perhitungan dengan pengurangan antara arus sisi sekunder CT 2 dikurangi arus sisi sekunder CT 1, dengan rumus sebagai berikut :

$$I_d = |i_{SCT2}| - |i_{SCT1}| \quad (16)$$

Keterangan : I_d : Arus differensial (A)

$|i_{SCT1}|$: Arus sisi sekunder CT 1 (A)

$|i_{SCT2}|$: Arus sisi sekunder CT 2 (A)

Mencari perhitungan arus differensial :

$$I_d = 3,603 - 3,603 = 0 \text{ A}$$

Jadi nilai hasil perhitungan arus differensial adalah 0 A, karena rasio kedua CT sama.

e. Perhitungan Arus Penahan

Perhitungan arus penahan dengan cara penambahan dari hasil arus sisi sekunder CT 1 dan 2 dibagi dengan 2. Dengan rumus sebagai berikut :

$$I_r = \frac{i_{SCT1} + i_{SCT2}}{2} \quad (17)$$

Keterangan : I_r : Arus Penahan (A)

$|i_{SCT1}|$: Arus sisi sekunder CT 1 (A)

$|i_{SCT2}|$: Arus sisi sekunder CT 2 (A)

Mencari perhitungan arus penahan :

$$I_r = \frac{3,603 + 3,603}{2} = 3,603 \text{ A}$$

Jadi nilai hasil perhitungan arus penahan adalah 3,603 A.

f. Perhitungan Slope

Perhitungan slope dengan pembagian antara arus differensial dibagi arus penahan dikalikan 100%. Dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Slope} = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% \quad (18)$$

Keterangan : Slope : Setting slope (%)

I_d : Arus differensial (A)

I_r : Arus Penahan (A)

Mencari perhitungan slope :

$$\text{Slope} = \frac{0}{3,603} \times 100\% = 0\%$$

Jadi nilai hasil perhitungan slope adalah 0%.

g. Perhitungan Penyetelan Relay

$$\begin{aligned} \text{Setting Relay} &= \text{Kesalahan Generator (\%)} + \text{Error Mismatch CT}_1 (\%) \quad (19) \\ &+ \text{Error Mismatch CT}_2 (\%) + \text{Toleransi (\%)} + \text{Slope (\%)} \\ &= 5\% + 0,2\% + 0,2\% + 5\% + 0\% \\ &= 10,4\% \end{aligned}$$

Jadi nilai hasil perhitungan *setting* relay adalah 10,4%.

Penyetelan relay differensial diambil dari nilai arus nominal generator yang terbaca trafo arus sebesar 3,603 A kemudian dikalikan dengan *setting* relay sebesar 10,4%. Jadi untuk penyetelan relay differensial yaitu

$$I_{df} = 10,4\% \times 3,603 \text{ A} = 0,37 \text{ A.}$$

Hasil untuk penyetelan relay differensial adalah 0,37 A, jika arus yang terdeteksi lebih dari arus penyetelan tersebut maka relay differensial akan bekerja.

3.4 Analisa Perhitungan Matematis

Penelitian ini, peneliti menghitung arus hubung singkat pada generator yaitu arus hubung singkat 1 fasa ke tanah dan arus hubung singkat 3 fasa. Hasil perhitungan diperoleh arus hubung singkat 1 fasa ke tanah senilai 20679,295152 A dan arus yang mengalir ke trafo arus senilai 10,339648 A. Hasil perhitungan arus hubung singkat 3 fasa senilai 48316,3365 A dan arus yang mengalir ke trafo arus senilai 24,1582 A. Maka pada penyetelan relay differensial dipilih arus gangguan terkecil yaitu arus hubung singkat 1 fasa ke tanah yang mengalir ke trafo arus.

Perhitungan penyetelan relay differensial diperoleh hasil perhitungan slope nya adalah 0% dan hasil perhitungan arus differensial adalah 0 A. Nilai 0% dan 0 A disebabkan karena kedua trafo arus (CT) generator memiliki rasio yang sama. Hasil perhitungan *setting* relay adalah

10,4%. Jadi penyetelan relay differensial diambil dari nilai arus nominal generator yang terbaca trafo arus sebesar 3,603 A kemudian dikalikan dengan 10,4%, sehingga hasil perkalian tersebut didapat sebesar 0,37 A. Relay differensial bekerja ketika mendeteksi arus yang melebihi arus penyetelan tersebut.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil perhitungan dari uraian diatas dengan penelitian di PLTGU Semarang, diperoleh kesimpulan antara lain :

- a. Arus hubung singkat 1 fasa ke tanah sebesar 20679,295152 A dan arus yang mengalir ke sisi sekunder trafo arus sebesar 10,339648 A.
- b. Arus hubung singkat 3 fasa sebesar 48316,3365 A dan arus yang mengalir ke sisi sekunder trafo arus sebesar 24,1582 A
- c. Nilai slope nya adalah 0% dan nilai arus differensial adalah 0 A. Nilai 0 % dan 0 A disebabkan karena kedua trafo arus (CT) generator memiliki rasio yang sama.
- d. Perhitungan *setting* relay diperoleh sebesar 10,4%.
- e. Penyetelan relay differensial diambil dari nilai arus nominal generator yang terbaca trafo arus sebesar 3,603 A kemudian dikalikan dengan *setting* relay sebesar 10,4%, sehingga hasil perkalian tersebut didapat sebesar 0,37 A.
- f. Relay differensial akan bekerja ketika mendeteksi arus yang melebihi arus penyetelan yaitu 0,37 A.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada :

- a. Allah SWT yang tidak henti – hentinya memperlihatkan keajaibannya pada peneliti selama mengerjakan tugas akhir.
- b. Bapak Umar S.T,M.T sebagai dosen pembimbing yang mengajari penulis dengan sabar memberikan masukan dan saran serta memotivasi penulis agar tugas akhir berjalan lancar.
- c. Bapak, Ibu, dan kedua Kakak saya yang selalu menyemangati serta memberikan motivasi dan menasehati penulis agar segera menyelesaikan tugas akhir dengan lancar.
- d. Bapak Mulyadi sebagai General Manager PT. Indonesia Power Semarang PGU beserta stafnya yang telah mengizinkan penulis untuk menimba ilmu.
- e. Bapak dan Mas teknisi terutama dari bagian listik beserta teknisi lain blok 1 dan 2, BOP serta intake PT. Indonesia Power Semarang PGU yang telah membantu penulis untuk menjawab keingintahuannya.
- f. Saudara-saudara dekat, tetangga dan teman-teman semua yang tidak bisa sebutkan satu persatu yang memberikan semangat kepada penulis agar tugas akhir selesai dengan baik.

- g. Teman – teman angkatan 2016 dan teman-teman Jurusan Teknik Elektro UMS yang telah memberikan semangat yang sangat luar biasa kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Idris, K. (1993). *Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi Keempat*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- LAE, N. Y., & KHAING, C. C. (2019). Design and Results of Differential Relay Settings for Power Transformers 80MVA, 40MVA and 100MVA. *International Journal Of Scientific Engineering and Technology Research*, 32-34.
- Le, K. H., & Vu, P. H. (2019). Performance Evaluation of a Generator Differential Protection Function for a Numerical Relay. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 4342-4348.
- Rahmadhani, A., Yusniati, Nasution, R., & Armansyah. (2019). Analisa Rele Differensial Type SA-1 Sebagai Pengaman Generator. *Journal of Electrical Technology*, 2598 – 1099.
- SN, W., Diantari, R. A., & Rahmatullah, T. M. (2017). ANALISA PROTEKSI DIFFERENSIAL PADA GENERATOR DI PLTU SURALAYA. *JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN*, 84-92.